

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/075804 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **F02D 41/14**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000070
(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2005 (20.01.2005)
(25) Einreichungssprache: Deutsch
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 005 325.1 4. Februar 2004 (04.02.2004) DE
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH**
[DE/DE]; Sieboldstrasse 19, 90411 Nürnberg (DE).

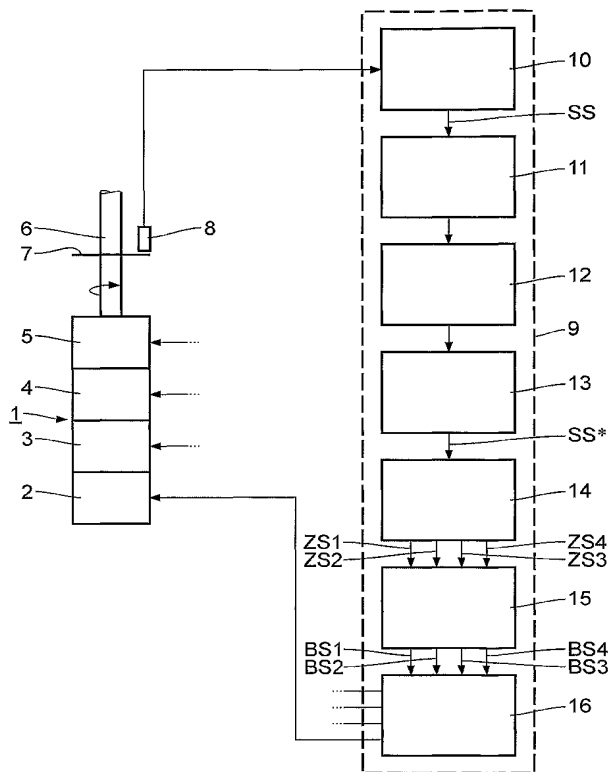
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAGEL, Reinhold**
[DE/DE]; Am Hirtenbach 32 a, 91361 Pinzberg (DE).
TUNA, Mehmet [DE/DE]; Talblick 13, 90765 Fürth
(DE). **MEYER, Ernst** [DE/DE]; Hüttenbacher Strasse
16a, 91367 Weissenohe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETECTING THE BEGINNING OF COMBUSTION IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DETEKTION DES BRENNBEGINNS EINER BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: The method is used to detect the beginning of combustion in an internal combustion engine (1) comprising several cylinders (2, 3, 4, 5) by means of a rotation speed signal determined for a shaft (6) of the internal combustion engine (1). A segment signal (SS), whose signal length corresponds to an integral full rotation of the shaft (6), is extracted from the rotation speed signal. A cylinder signal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4), which reproduces the operational state in a cylinder (2, 3, 4, 5), is generated from the segment signal (SS). The cylinder signal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) is transformed into a cylinder frequency signal (FS 1, FS2, FS3, FS4) in an angle frequency range. Signal information indicating the beginning of combustion in the associated cylinder (2, 3, 4, 5) is extracted from the cylinder frequency signal (FS 1, FS2, FS3, FS4) at at least one predefined angle frequency.

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren dient zur Detektion des Brennbeginns einer Brennkraftmaschine (1) mit mehreren Zylindern (2, 3, 4, 5) mittels eines für eine Welle (6) der Brennkraftmaschine (1) ermittelten Drehzahlsignals. Aus dem Drehzahlsignal wird ein Segmentsignal (SS) mit einer Signallänge entsprechend einer ganzzahligen Vollumdrehung der Welle (6) extrahiert. Aus dem Segmentsignal (SS) wird ein den Betriebszustand in einem Zylinder (2, 3, 4, 5) wiedergebendes Zylindersignal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) erzeugt. Das Zylindersignal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) wird in ein Zylinderfrequenzsignal (FS 1, FS2, FS3, FS4) in einem Winkelfrequenzbereich überführt. Aus dem Zylinderfrequenzsignal (FS 1, FS2, FS3,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/075804 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren zur Detektion des Brennbeginns einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion des Brennbeginns einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern mittels eines für eine Welle
5 der Brennkraftmaschine ermittelten Drehzahlsignals.

Bei einer insbesondere selbstzündenden Brennkraftmaschine kann es dazu kommen, dass die Verbrennung in den jeweiligen Zylindern nicht zu dem bestmöglichen Zeitpunkt stattfindet. Diese unerwünschte Abweichung wird
10 durch Alterungseffekte oder durch Fertigungstoleranzen bedingt. Sie kann eine Erhöhung des Abgasausstoßes, eine Zunahme des Kraftstoffverbrauches oder auch eine Verschlechterung des Rundlaufes der Brennkraftmaschine zur Folge haben.

15 Bekannt sind Verfahren, die den genauen Zeitpunkt des Brennbeginns mittels zusätzlich vorgesehener Sensoren ermitteln. In der DE 33 02 219 A1 sowie in der DE 197 49 817 A1 werden Verfahren beschrieben, die den Druckverlauf im Zylinder-Innenraum mittels Druck-Sensoren bestimmen. Außerdem werden mit der DE 25 13 289 A1, DE 44 13 473 A1 und der
20 DE 196 12 180 C1 Verfahren offenbart, die den Körperschall außen am Gehäuse der Brennkraftmaschinen erfassen. Anhand der so gemessenen Druck- und/oder Körperschallsignale wird auf den Brennbeginn der Brennkraftmaschine zurückgeschlossen. Die bei den bekannten Verfahren zusätzlich erforderlichen Sensoren bedeuten einen nicht unerheblichen
25 Mehraufwand.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art anzugeben, das die Erfassung des Brennbeginns mit möglichst einfachen Mitteln erlaubt.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruches 1. Das erfindungsgemäße Verfahren kommt regelmäßig ohne zusätzliche Sensorik aus. Es basiert als Messgröße nur auf dem Drehzahlsignal, das in der Regel ohnehin ermittelt wird und somit in einem Steuergerät der Brennkraftmaschine bereits vorliegt. Darüber hinaus lässt sich der exakte Brennbeginn einfach anhand des in den Winkelfrequenzbereich transformierten Zylindersignals ermitteln. Hierzu fallen keine aufwendigen Rechenoperationen an. Für die Transformation in den Winkelfrequenzbereich kann gegebenenfalls auf ohnehin im Steuergerät vorhandene Signaltransformationsverfahren zurückgegriffen werden.

Besondere Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Gegenstände der Ansprüche 2 und 3 betreffen jeweils eine vorteilhafte Methode zur Generierung des Zylindersignals, das die auszuwertenden Informationen des gerade interessierenden Zylinders umfasst.

Die Ausgestaltungen nach den Ansprüchen 5 bis 9 betreffen günstige Möglichkeiten zur Signalverbesserung, die insbesondere vor der Überführung in den Winkelfrequenzbereich durchgeführt werden. Mittels dieser vorgeschalteten Verfahrensschritte lässt sich der Brennbeginn noch genauer feststellen, da dann auch die im Winkelfrequenzbereich entnehmbare und diesbezüglich relevante Signalinformation mit einer höheren Genauigkeit ermittelt werden kann.

Gemäß der Ausgestaltung nach Anspruch 10 lässt sich das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine verbessern, indem der ermittelte exakte Brennbeginn zur (Nach-)Regelung des betreffenden Zylinders herangezogen

wird. Die eingangs beschriebenen Unzulänglichkeiten lassen sich dann weitgehend vermeiden.

5 Bevorzugte Ausführungsbeispiele, sowie weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt, und gewisse Aspekte sind nur schematisiert dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

10 Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Brennbeginn-Detektion und

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel.

15 Einander entsprechende Teile sind in den Fig. 1 und 2 mit denselben Bezugszeichen versehen.

Das in Fig. 1 dargestellte erste Ausführungsbeispiel dient zur Detektion des Brennbegins einer insbesondere selbstzündenden Brennkraftmaschine 1, die vier Zylinder 2, 3, 4 und 5 aufweist. Die Zylinderanzahl ist jedoch nur
20 exemplarisch zu verstehen. Das Verfahren kann ebenso auf eine Brennkraftmaschine 1 mit einer anderen Zylinderanzahl angewendet werden. An einer Welle 6, insbesondere der Kurbelwelle, der Brennkraftmaschine 1 ist ein Geberrad 7 angebracht, das über den Umfang verteilt, äquidistant Markierungen aufweist. Diese im Ausführungsbeispiel nicht näher gezeigten
25 Markierungen können beispielsweise in Form von Zähnen oder auch Löchern ausgebildet sein. Ein dem Geberrad 7 zugeordneter Sensor 8, beispielsweise in Gestalt eines Induktivgebers, liefert genau dann ein Signal, wenn sich eine der Markierungen am Sensor 8 vorbeibewegt. Dieses Signal wird einem Steuergerät 9 zugeführt.

Das Steuergerät 9 umfasst neben anderen nicht dargestellten Einheiten mehrere auch zur Brennbeginnermittlung bestimmte Untereinheiten. Dies sind eine Drehzahleinheit 10, eine Mittelungseinheit 11, eine Geberradkorrekturereinheit 12, eine Signalrekonstruktionseinheit 13, eine Segmentierungseinheit 14, eine Analyseeinheit 15 und ein Regler 16. Diese Untereinheiten können physikalisch getrennt, beispielsweise als gesonderte elektronische Baugruppen oder auch zu einer einzigen physikalischen Einheit zusammengefasst vorliegen. Letzteres ist insbesondere im Fall einer programmtechnischen Realisierung der Untereinheiten 10 bis 16 auf einem Signalprozessor möglich. Ebenso denkbar ist eine Mischform.

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Brennbeginn-Detektion und -Nachregelung näher beschrieben. Das vom Sensor 8 gelieferte Zeitbereichs-Signal wird in der Drehzahleinheit 10 in ein Drehzahlsignal, das sich – wie bei der Steuerung von Brennkraftmaschinen üblich – auf den Drehwinkelbereich bezieht, umgewandelt. Das Drehzahlsignal gibt in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Welle 6 die jeweils aktuell vorliegende Wellendrehzahl oder Wellendrehbeschleunigung an.

Anschließend wird aus dem Drehzahlsignal ein Segmentssignal SS mit einem Drehwinkelbereich extrahiert, innerhalb dessen jeder der Zylinder 2 bis 5 genau einmal zündet. Im Fall des Ausführungsbeispieles ist dies ein Segment entsprechend einer zweifachen Vollumdrehung der Welle 6, also mit einem 720 Grad-Drehwinkelbereich. Je nach Art der Brennkraftmaschine 1 oder der zur Erfassung des Drehzahlsignals verwendeten Welle 6, die anstelle als Kurbelwelle auch als Nockenwelle ausgebildet sein könnte, kann der Drehzahlbereich des Segmentssignals SS jedoch grundsätzlich auch eine andere Größe aufweisen.

Die Erfassung des Drehzahlsignals und auch des Segmentsignals erfolgt derzeit praktisch in jedem Steuergerät 9 einer Brennkraftmaschine 1. Es handelt sich somit nicht um gesondert für die Brennbeginn-Detektion vorgesehene Erfassungsmittel.

5

Die im Folgenden beschriebenen Verfahrensschritte gehen stets von dem Vorliegen eines quasi stationären Betriebszustandes der Brennkraftmaschine 1 aus.

- 10 Die Verfahrensschritte, die in der Mittelungseinheit 11, in der Geberradkorrekturereinheit 12 und der Signalrekonstruktionseinheit 13 vorgenommen werden, sind optional. Sie dienen einer Verbesserung der Signalqualität des Segmentsignals SS. Je höher dessen Qualität ist, desto genauer lässt sich letztendlich auch der Brennbeginn bestimmen.

15

In der Mittelungseinheit 11 wird der arithmetische Mittelwert zweier oder mehrerer aufeinanderfolgender Segmentsignale SS gebildet. Hierdurch lassen sich insbesondere zyklische Schwankungen, die beispielsweise von einer ungleichmäßigen Verbrennung herrühren, eliminieren.

20

Aufgrund mechanischer Fertigungstoleranzen kann es zu Ungenauigkeiten bei den an dem Geberrad 7 angeordneten Markierungen kommen. So können sich diese Markierungen nicht in äquidistanten Abständen voneinander befinden. Die dadurch im Segmentsignal SS hervorgerufenen Ungenauigkeiten lassen sich anhand bekannter Korrekturverfahren beseitigen. Mit der
25 DE 41 33 679 A1, DE 42 21 891 C2 und der DE 196 22 042 C2 werden derartige Korrekturverfahren beschrieben. Ermittelt werden hierbei Korrekturwerte, die im Steuergerät 9 hinterlegt werden, und anhand derer das

Drehzahlsignal und auch das Segmentsignal von den genannten Geberradfehlern befreit werden können.

5 Eine weitere Möglichkeit zur Signalverbesserung besteht in der Anwendung eines Signalrekonstruktionsverfahrens. Die Markierungen auf dem Geberrad 7 befinden sich üblicherweise in Drehwinkel-Abständen von 6 Grad oder auch 10 Grad. Hierdurch wird die Drehzahl der Welle 6 jedoch für manche Anwendungen zu ungenau abgetastet. Derzeit gängige Anwendungen, wie beispielsweise eine Laufruheregung oder auch eine Brenn-
10 beginnregelung, arbeiten besser, wenn eine höhere Abtastrate vorliegt. Der Einsatz eines Geberrades 7 mit einer größeren Anzahl von Markierungen ist jedoch nicht unproblematisch, da mit steigender Markierungsanzahl der lichte Raum zwischen den einzelnen Markierungen sinkt und damit die Gefahr einer Verschmutzung ansteigt. Eine mögliche Konsequenz wäre das
15 Übersehen einzelner Markierungen.

Die Abtastrate lässt sich aber dennoch mittels bestimmter Verfahren der digitalen Signalverarbeitung erhöhen. Eine erste Möglichkeit ist eine Interpolation im Drehwinkelbereich zwischen den durch die Abtastrate des Geberrades 7 bestimmten Abtastwerten. Neben einer einfachen linearen Interpolation kommt insbesondere auch eine Lagrange-Interpolation oder eine
20 sinc-Interpolation in Betracht. Die diesbezüglich besonders vorteilhafte Lagrange-Interpolation ist ein spezielles Polynom-Interpolationsverfahren. Verglichen mit anderen grundsätzlich ebenfalls einsetzbaren Interpolationspolynomen höherer Ordnung bietet die Lagrange-Interpolation den Vor-
25 teil, ohne die Lösung eines relativ aufwendigen Gleichungssystems auszukommen. Die sinc-Interpolation basiert auf einer mathematischen Faltungsoperation.

Sowohl die Lagrange-Interpolation als auch die sinc-Interpolation liefern bei einem periodischen und bandbegrenzten Signal, im Ausführungsbeispiel dem Segmentsignal SS, unter Berücksichtigung des Abtasttheorems eine exakte Signalrekonstruktion, wodurch sie sich vorteilhaft von einer
5 linearen und auch anderen, höhergradigen Polynom-Interpolation unterscheiden.

Eine zweite Möglichkeit zur Erhöhung der Abtastrate ist eine Frequenztransformation des Segmentsignals in den Winkelfrequenzbereich. Diese
10 Transformation erfolgt insbesondere mittels einer diskreten Fourier-Transformation (DFT) oder einer diskreten Hartley-Transformation (DHT). Im Unterschied zur Fourier-Transformation werden bei der Hartley-Transformation günstigerweise nur rein reelle Operationen vorgenommen. Dadurch ergibt sich ein geringerer Rechenaufwand. Beide Transformatio-
15 nen liefern jeweils einen Amplituden- und einen Phasenwert bei diskreten Winkelfrequenzen, die im Bereich der Brennkraftmaschinen auch als Ordnungen bezeichnet werden. Ein kontinuierliches Rekonstruktionssignal für das Segmentsignal SS ergibt sich anhand einer Superposition harmonischer Teilschwingungen derjenigen Ordnungen (=Winkelfrequenzen), für die im
20 Winkelfrequenzbereich relevante Spektralanteile, also Amplituden- und Phasenwerte, ermittelt worden sind. Die einzelnen harmonischen Teilschwingungen sind dabei mit dem jeweils zugehörigen Amplituden- und Phasenwert gewichtet. Eine exakte Rekonstruktion des Segmentsignals SS ist auf diese Weise und bei Einhaltung des Abtasttheorems möglich, sofern
25 das zugrundeliegende Signal periodisch und bandbegrenzt ist.

Sowohl die Interpolations- als auch die Frequenztransformationsmethode liefern ein rekonstruiertes Signal, das in Form eines analytischen Funktionsausdruckes vorliegt. Diesem kann dann an beliebigen Stellen im Dreh-

winkelbereich, also insbesondere auch zwischen den messtechnisch ermittelten Abtaststellen, der benötigte Funktionswert entnommen werden. Somit ergibt sich die gewünschte höhere Abtastrate. So lässt sich aus einem Segmentsignal SS mit einer ursprünglichen Abtastrate von 10 Grad ein
5 modifiziertes Segmentsignal mit einer beliebig höheren Abtastrate, beispielsweise mit einer 0,1 Grad-Abtastung erzeugen.

Sowohl das besonders vorteilhafte Lagrange-Interpolationsverfahren als auch die genannten Frequenz-Transformationsverfahren (DFT, DHT) lassen sich als sogenannte FIR-Filter (= finite impulse response) realisieren.
10 Grundsätzlich sind jedoch auch andere Realisierungsformen denkbar.

Nach Durchlaufen der zur Signalverbesserung vorgesehenen Untereinheiten 11, 12 und/oder 13 liegt ein verbessertes Segmentsignal SS^* vor, das
15 die Informationen über den Brennbeginn in den Zylindern 2 bis 5 beinhaltet.

Das verbesserte Segmentsignal SS^* wird in der Segmentierungseinheit 14 in insgesamt vier Zylindersignale ZS1, ZS2, ZS3 und ZS4 zerlegt. Jedes
20 Zylindersignal ZS1 bis ZS4 beinhaltet dann nur noch Informationen über die Zündung in einem einzigen Zylinder. Die Zylindersignale ZS1 bis ZS4 können dabei im vorliegenden Ausführungsbeispiel einen Winkelbereich von bis zu 180 Grad erfassen. Günstig ist jedoch eine Extraktion von Zylindersignalen ZS1 bis ZS4 aus dem verbesserten Segmentsignal SS^* , die
25 nur einen Winkelbereich umfassen, innerhalb dessen der eigentliche Zündvorgang in dem jeweiligen Zylinder 2 bis 5 tatsächlich stattfindet, also insbesondere jeweils der um den oberen Zylinder-Totpunkt gelegene Bereich. Hierfür reicht beispielsweise ein Drehwinkelbereich von etwa 40 bis 50 Grad aus.

Die so ermittelten Zylindersignale ZS1 bis ZS4 werden der Analyseeinheit 15 zugeführt, die für jedes Zylindersignal ZS1 bis ZS4 eine Frequenztransformation in den Winkelfrequenzbereich durchführt. Dies kann wiederum mittels einer DFT, einer DHT oder einer digitalen Filterung, beispielsweise in Form einer digitalen Bandpass-Filterung mit variabler Mittenfrequenz oder in Form digitaler Filterbänke, geschehen. Diese Überführung in den Winkelfrequenzbereich erzeugt aus den Zylindersignalen ZS1, ZS2, ZS3 und ZS4 jeweils zugehörige Zylinderfrequenzsignale FS1, FS2, FS3 beziehungsweise FS4. Für Letztere liegen dann jeweils wiederum Amplituden- und Phasenwerte bei zugehörigen diskreten Winkelfrequenzen vor.

Diese Signalinformationen, also die Winkelfrequenzen nebst ihren zugehörigen Amplituden- und Phasenwerten, beinhalten die im zugrundeliegenden jeweiligen Zylindersignal ZS1 bis ZS4 enthaltenen Informationen über den Betriebszustand im jeweiligen Zylinder 2 bis 5. Insbesondere lässt sich aus diesen Signalinformationen auch der exakte Brennbeginn im jeweiligen Zylinder 2 bis 5 auf einfache Weise entnehmen. Dies kann mittels eines Vergleichs mit beispielsweise empirischen Erfahrungswerten oder auch mit vorab ermittelten Referenzwerten erfolgen. Die Erfahrungs- und/oder Referenzwerte sind vorzugsweise in der Analyseeinheit 15 hinterlegt. Ebenso kann auch auf die Signalinformationen der besonders signalstarken Winkelfrequenzen zurückgegriffen werden. In Frage kommen hierfür bevorzugt diejenigen Winkelfrequenzen, bei denen der Amplitudenwert über einer Schwelle, insbesondere über der 3dB-Schwelle, liegt. Die Signalinformation, vorzugsweise die Phaseninformation, der so ermittelten speziellen Winkelfrequenz wird dann als den Brennbeginn im jeweiligen Zylinder 2 bis 5 wiedergebendes Brennbeginnssignal BS1, BS2, BS3 und BS4 der Analyseeinheit 15 zur Verfügung gestellt.

Die Brennsignale BS1 bis BS4 werden einem Regler 16 zugeführt, der die enthaltene Information über den Brennbeginn zur (Nach-)Regelung des jeweiligen Zylinders 2 bis 5 verwendet, zumindest sofern dies von einer gegebenenfalls vorhandenen übergeordneten Reglerbegrenzung noch als
5 zulässig eingestuft wird. Die (Nach-)Regelung kann beispielsweise mittels einer Variation des Förderbeginns an einer nicht näher dargestellten Einspritzpumpe der Brennkraftmaschine 1 geschehen. Insbesondere kann die Regelung anhand mindestens eines last- und/oder drehzahlabhängigen Phase-Förderbeginn-Kennlinienfeldes erfolgen. Dadurch wird individuell für
10 jeden der Zylinder 2 bis 5 der Brennbeginn auf den optimalen Zeitpunkt eingestellt. Dies ist insbesondere möglich, ohne dass für das vorstehend beschriebene Verfahren wesentliche zusätzliche Hardware-Komponenten in dem Steuergerät 9 oder an der Brennkraftmaschine 1 erforderlich werden. Insbesondere ist auch keine zusätzliche Erfassung spezieller Betriebs-
15 parameter der Brennkraftmaschine 1 notwendig. Es ergibt sich eine sehr kostengünstige Realisierung für die Detektion des Brennbeginns und für die zylinderindividuelle Nachregelung des Brennbeginnzeitpunktes.

Im Folgenden wird unter Bezugnahme auf die Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Identische Teile erhalten dieselben Bezugszeichen wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel, auf dessen Beschreibung hiermit verwiesen wird. Der wesentliche Unterschied besteht in dem Austausch der Segmentierungseinheit 14 gegen eine Verstelleinheit 17, die beim zweiten Ausführungsbeispiel der Drehzahleinheit 10 unmittelbar nachgeschaltet ist.
20
25

Die Funktionsweise der Verstelleinheit 17 liegt im wesentlichen darin, beispielsweise den Zylinder 2, für den der Brennbeginn aktuell ermittelt werden soll, in seinem Betriebszustand so zu verstellen, dass der vom Zylinder

2 im resultierenden Drehzahlsignal bzw. Segmentsignal SS hervorgerufene
Signalanteil deutlich gegenüber denjenigen der anderen drei Zylinder 3 bis
5 hervortritt. Das Segmentsignal SS ist dann praktisch ausschließlich durch
den aktuell interessierenden Zylinder 2 bestimmt. Die Verstellung des Be-
5 triebszustandes erfolgt beispielsweise durch eine zielgerichtete Erhöhung
der zugeführten Kraftstoffmenge. Andere Verstellmöglichkeiten sind je-
doch grundsätzlich ebenfalls möglich.

Aufgrund der Dominanz des durch den verstellten Zylinder 2 hervorgeru-
10 fenen Signalanteils im Segmentsignal SS entfällt die Notwendigkeit einer
weiteren Segmentierung in der Segmentierungseinheit 14 gemäß erstem
Ausführungsbeispiel. Das verbesserte Segmentsignal SS* wird als Ganzes
als Zylindersignal ZS1 herangezogen. Die übrigen Verfahrensschritte lau-
fen analog zum ersten Ausführungsbeispiel ab, allerdings mit der Maßgabe,
15 dass nur für den relevanten Zylinder 2 von der Analyseeinheit 15 ein
Brennbeginnsignal BS1 generiert wird. In diesem Verfahrenszyklus lässt
sich demzufolge auch nur der Zylinder 2 nachregeln. Für die übrigen Zy-
linder 3 bis 5 geschieht dies danach in sequenzieller Abfolge. Die Verstell-
einheit 17 verstellt nacheinander den Betriebszustand in jeweils einem der
20 übrigen Zylinder 3 bis 5 signifikant. Vorteilhafterweise erfolgt der Eingriff
der Verstelleinheit 17 jeweils erst dann, wenn die Brennkraftmaschine 1
ihren quasi stationären Betriebszustand erreicht hat. Dies lässt sich leicht
anhand des in der Drehzahleinheit 10 ermittelten Drehzahlsignals oder
auch des Segmentsignals SS feststellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion des Betriebsbeginns einer Brennkraftmaschine
(1) mit mehreren Zylindern (2, 3, 4, 5) mittels eines für eine Welle (6)
5 der Brennkraftmaschine (1) ermittelten Drehzahlsignals, bei dem
 - aus dem Drehzahlsignal mindestens ein Segmentsignal (SS) mit
einer Signallänge entsprechend einer ganzzahligen Vollumdrehung
der Welle (6) extrahiert wird, so dass in dem durch die Signallänge
repräsentierten Drehwinkelbereich jeder Zylinder (2, 3, 4, 5) ein-
10 mal zündet,
 - aus dem Segmentsignal (SS) ein im wesentlichen den Betriebszu-
stand in einem der Zylinder (2, 3, 4, 5) wiedergebendes Zylinder-
signal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) erzeugt wird,
 - das Zylindersignal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) in ein Zylinderfrequenz-
15 signal (FS1, FS2, FS3, FS4) in einem Winkelfrequenzbereich über-
führt wird und
 - aus dem Zylinderfrequenzsignal (FS1, FS2, FS3, FS4) bei mindes-
tens einer vorgegebenen Winkelfrequenz eine den Brennbeginn im
zugehörigen Zylinder (2, 3, 4, 5) beinhaltende Signalinformation
20 extrahiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zy-
lindersignal (ZS1, ZS2, ZS3, ZS4) mittels Extraktion eines Teilsignals
aus dem Segmentsignal (SS) erzeugt wird, wobei das Teilsignal den
25 Drehwinkelbereich erfasst, innerhalb dessen der betreffende Zylinder
(2, 3, 4, 5) zündet.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Be-
triebszustand in dem Zylinder (2), für den der Brennbeginn detektiert

werden soll, verstellt wird und das sich nach der Verstellung ergebende Segmentsignal (SS) insgesamt als das für diesen Zylinder (2) maßgebliche Zylindersignal (ZS1) herangezogen wird.

- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zylinderfrequenzsignal (FS1, FS2, FS3, FS4) mittels einer Frequenztransformation, insbesondere mittels einer diskreten Hartley-Transformation oder einer diskreten Fourier-Transformation, oder mittels digitaler Filterung erzeugt wird.
- 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei aufeinanderfolgende Segmentsignale (SS) arithmetisch gemittelt werden.
- 15
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung des Drehzahlsignals ein Geberrad (7) eingesetzt wird und die von Geberradfehlern resultierenden Ungenauigkeiten im Segmentsignal (SS) zumindest weitgehend eliminiert werden.
- 20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels digitaler Signalverarbeitung ein verbessertes Segmentsignal (SS^{*}), insbesondere mit einer höheren Abtastrate, erzeugt wird.
- 25
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Segmentsignal (SS) einem Interpolationsverfahren, insbesondere einer Lagrange- oder einer sinc-Interpolation, unterzogen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Segmentsignal (SS) einer Frequenztransformation, insbesondere einer diskreten Hartley- oder einer diskreten Fourier-Transformation, unterzogen wird.

5

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den Brennbeginn beinhaltende Signalinformation zur Regelung des Brennbeginns eingesetzt wird.

1/2

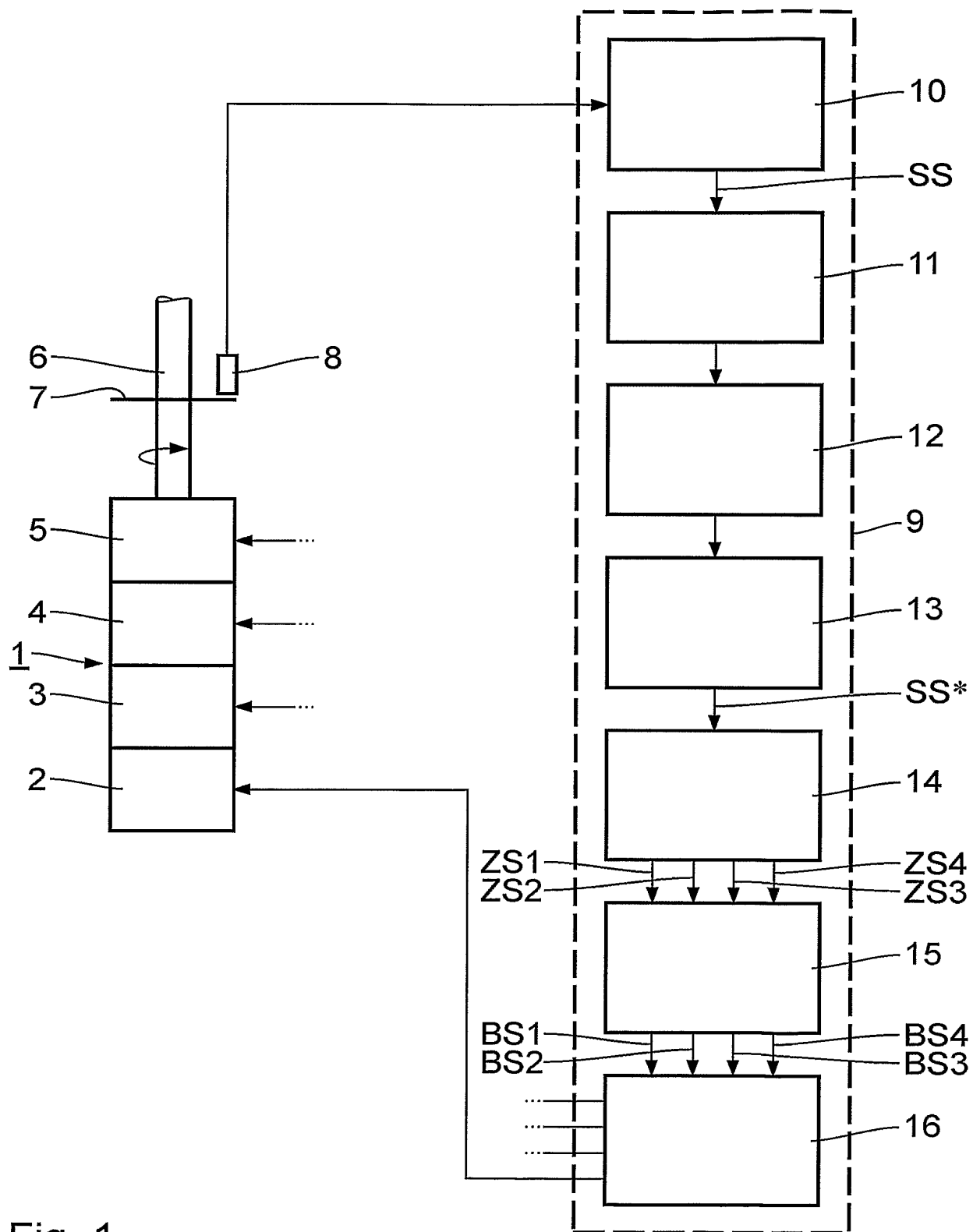


Fig. 1

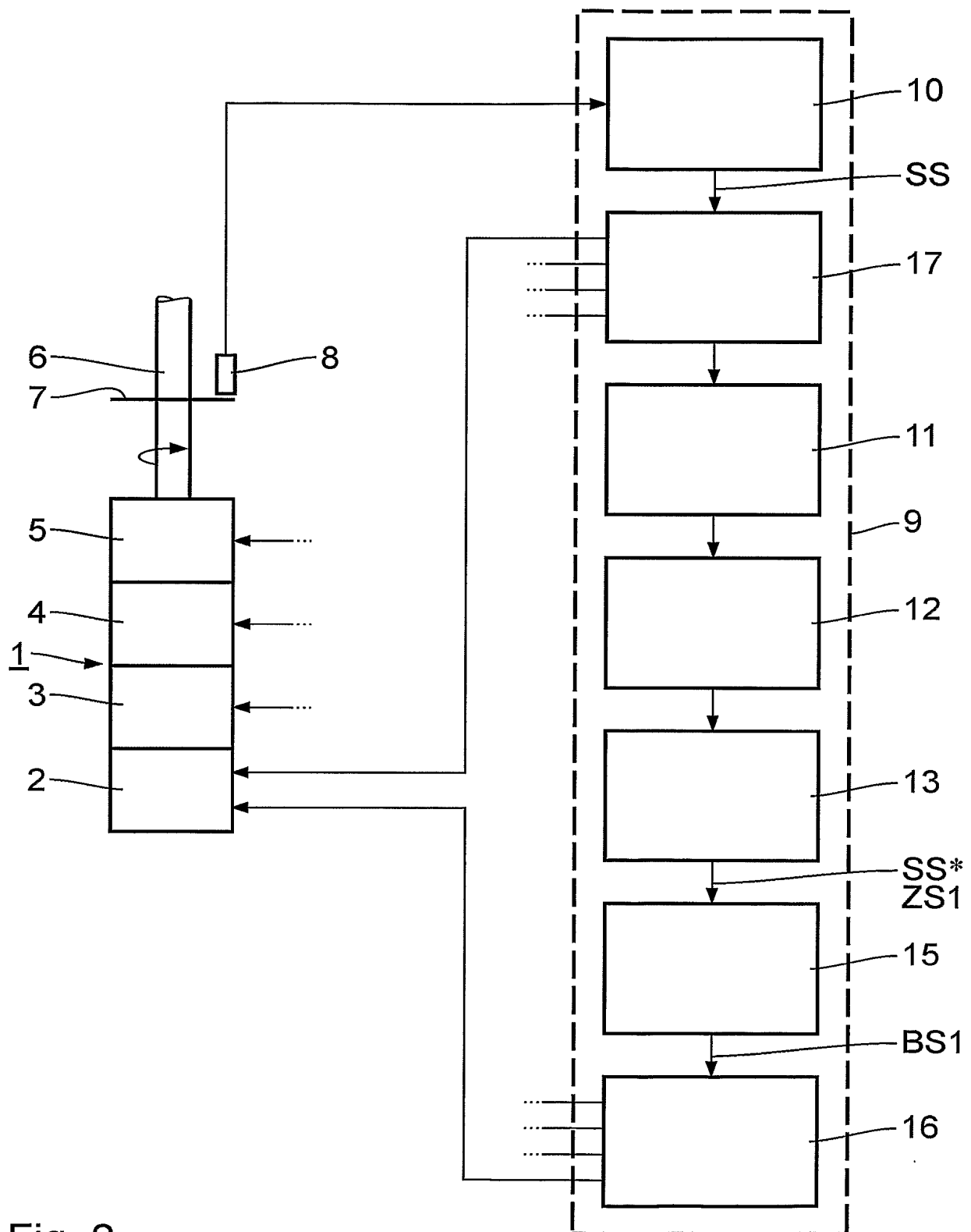


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2005/000070

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | US 5 239 473 A (RIBBENS ET AL) 24 August 1993 (1993-08-24) abstract; claims 1-3; figures 6,7 column 9, line 58 - column 12, line 35 ----- | 1-4, 10 |
| X | US 6 318 152 B1 (HAGIHARA KEIZO ET AL) 20 November 2001 (2001-11-20) abstract; claim 1; figure 5 column 3, line 30 - column 3, line 59 column 10, line 18 - column 11, line 29 ----- | 1-3, 10 |
| X | EP 0 799 983 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 8 October 1997 (1997-10-08) abstract; claim 1; figures 6-8 page 6, line 10 - page 7, line 33 ----- -/-- | 1, 10 |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 May 2005

Date of mailing of the international search report

20/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Van der Staay, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000070

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | DE 100 38 339 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 14 February 2002 (2002-02-14) abstract; claims 1,2,5,6; figure 2 paragraphs '0020! - '0036! ----- | 1,2,4,10 |
| X | DE 197 13 104 A1 (MAZDA MOTOR CORP., HIROSHIMA, JP) 30 October 1997 (1997-10-30) abstract; claims 1-5; figures 5,6 column 6, line 36 - column 10, line 52 ----- | 1-5 |
| X | US 6 021 758 A (CAREY ET AL) 8 February 2000 (2000-02-08) abstract; claims 1,2; figure 6 column 4, line 48 - column 7, line 62 ----- | 1-10 |
| P,X | DE 102 35 665 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH) 12 February 2004 (2004-02-12) the whole document ----- | 1-10 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2005/000070

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 5239473 | A | 24-08-1993 | US 5200899 A | 06-04-1993 |
| | | | US 5487008 A | 23-01-1996 |
| | | | US 5278760 A | 11-01-1994 |
| US 6318152 | B1 | 20-11-2001 | JP 2000337207 A | 05-12-2000 |
| | | | DE 19955796 A1 | 30-11-2000 |
| EP 0799983 | A | 08-10-1997 | JP 3246325 B2 | 15-01-2002 |
| | | | JP 9273444 A | 21-10-1997 |
| | | | JP 3218970 B2 | 15-10-2001 |
| | | | JP 9280100 A | 28-10-1997 |
| | | | JP 3246328 B2 | 15-01-2002 |
| | | | JP 9288043 A | 04-11-1997 |
| | | | JP 3279179 B2 | 30-04-2002 |
| | | | JP 9317546 A | 09-12-1997 |
| | | | DE 69722842 D1 | 24-07-2003 |
| | | | DE 69722842 T2 | 19-05-2004 |
| | | | EP 0799983 A2 | 08-10-1997 |
| DE 10038339 | A1 | 14-02-2002 | EP 1178202 A2 | 06-02-2002 |
| | | | JP 2002097991 A | 05-04-2002 |
| | | | US 2002120387 A1 | 29-08-2002 |
| DE 19713104 | A1 | 30-10-1997 | JP 9264183 A | 07-10-1997 |
| | | | US 5909724 A | 08-06-1999 |
| US 6021758 | A | 08-02-2000 | NONE | |
| DE 10235665 | A1 | 12-02-2004 | WO 2004016930 A1 | 26-02-2004 |
| | | | EP 1525382 A1 | 27-04-2005 |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 F02D41/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D G01M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X | US 5 239 473 A (RIBBENS ET AL) 24. August 1993 (1993-08-24) Zusammenfassung; Ansprüche 1-3; Abbildungen 6,7 Spalte 9, Zeile 58 - Spalte 12, Zeile 35 ----- | 1-4,10 |
| X | US 6 318 152 B1 (HAGIHARA KEIZO ET AL) 20. November 2001 (2001-11-20) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 5 Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 3, Zeile 59 Spalte 10, Zeile 18 - Spalte 11, Zeile 29 ----- | 1-3,10 |
| X | EP 0 799 983 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 8. Oktober 1997 (1997-10-08) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 6-8 Seite 6, Zeile 10 - Seite 7, Zeile 33 ----- -/- | 1,10 |

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Mai 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/05/2005

 Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Van der Staay, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie ^o | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------------------|--|--------------------|
| X | DE 100 38 339 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 14. Februar 2002 (2002-02-14) Zusammenfassung; Ansprüche 1,2,5,6; Abbildung 2 Absätze '0020! - '0036! ----- | 1,2,4,10 |
| X | DE 197 13 104 A1 (MAZDA MOTOR CORP., HIROSHIMA, JP) 30. Oktober 1997 (1997-10-30) Zusammenfassung; Ansprüche 1-5; Abbildungen 5,6 Spalte 6, Zeile 36 - Spalte 10, Zeile 52 ----- | 1-5 |
| X | US 6 021 758 A (CAREY ET AL) 8. Februar 2000 (2000-02-08) Zusammenfassung; Ansprüche 1,2; Abbildung 6 Spalte 4, Zeile 48 - Spalte 7, Zeile 62 ----- | 1-10 |
| P,X | DE 102 35 665 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH) 12. Februar 2004 (2004-02-12) das ganze Dokument ----- | 1-10 |

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE2005/000070

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | | Datum der Veröffentlichung | | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung | |
|--|----|------------|-------------------------------|------------|-----------------------------------|--|-------------------------------|--|
| US 5239473 | A | 24-08-1993 | US | 5200899 | A | | 06-04-1993 | |
| | | | US | 5487008 | A | | 23-01-1996 | |
| | | | US | 5278760 | A | | 11-01-1994 | |
| US 6318152 | B1 | 20-11-2001 | JP | 2000337207 | A | | 05-12-2000 | |
| | | | DE | 19955796 | A1 | | 30-11-2000 | |
| EP 0799983 | A | 08-10-1997 | JP | 3246325 | B2 | | 15-01-2002 | |
| | | | JP | 9273444 | A | | 21-10-1997 | |
| | | | JP | 3218970 | B2 | | 15-10-2001 | |
| | | | JP | 9280100 | A | | 28-10-1997 | |
| | | | JP | 3246328 | B2 | | 15-01-2002 | |
| | | | JP | 9288043 | A | | 04-11-1997 | |
| | | | JP | 3279179 | B2 | | 30-04-2002 | |
| | | | JP | 9317546 | A | | 09-12-1997 | |
| | | | DE | 69722842 | D1 | | 24-07-2003 | |
| | | | DE | 69722842 | T2 | | 19-05-2004 | |
| DE 10038339 | A1 | 14-02-2002 | EP | 1178202 | A2 | | 06-02-2002 | |
| | | | JP | 2002097991 | A | | 05-04-2002 | |
| | | | US | 2002120387 | A1 | | 29-08-2002 | |
| DE 19713104 | A1 | 30-10-1997 | JP | 9264183 | A | | 07-10-1997 | |
| | | | US | 5909724 | A | | 08-06-1999 | |
| US 6021758 | A | 08-02-2000 | KEINE | | | | | |
| DE 10235665 | A1 | 12-02-2004 | WO | 2004016930 | A1 | | 26-02-2004 | |
| | | | EP | 1525382 | A1 | | 27-04-2005 | |